

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ МОВИ В ІР-ТЕЛЕФОНІЇ

Анотація: Стаття призначена вибору метода оцінки якості передачі мови в мережах ІР-телефонії з метою мінімізувати витрати на повторну оцінку при зміні факторів впливу.

Ключові слова: ІР-телефонія, MOS, PESQ, R-фактор, E-модель.

Постановка задачі

Основною перевагою ІР-телефонії є нижча вартість міжміських і міжнародних переговорів у порівнянні з традиційною телефонією за рахунок оцифровки і наступної компресії голосового потоку. Під час передачі інформації через Internet відбувається зв'язок з комутацією пакетів. Це означає, що вся інформація розбивається на пакети, кожен з яких передається окремо від вузла до вузла без попереднього зв'язку між початковим та кінцевим пунктом. Кожен вузол мережі, через який передається ІР-пакет повинен аналізувати цей пакет (тип, адреса відправлення і призначення, контроль цілісності та інші параметри). Через те, що таких вузлів можуть бути десятки, кожен з них повинен проводити аналіз, і, крім того, зв'язок між ними часто залишає бажати кращого, виникають великі, непередбачені затримки в мережі. Також затримка може виникати під час стиснення та відновлення голосового сигналу.

До параметрів, які пов'язані з терміналом і впливають на якість наданих послуг на підставі методики QoS (Quality of Service) для каналного рівня моделі OSI, відноситься тип кодека і затримка, а до параметрів пов'язаних з мережею відносяться втрати пакетів, затримка та варіації затримки. Це означає, що для забезпечення деякого рівня якості необхідно розглядати термінал і мережу в комплексі, пред'являючи до кожного з них певний набір вимог.

Загальна затримка складається із затримки кодування та пакетизації мовного сигналу, затримки маршрутизації в мережі, затримки поширення сигналу і затримки, пов'язаної з смістю буфера. Враховуючи, що джиттер вноситься мережею, але компенсується терміналом, можна зробити висновок, що затримка на терміналі - величина стала, а затримка в мережі є функцією від відстані і точок маршрутизації.

Отже, виникає задача обрати метод, який у результаті охоплює фактори, які впливають на мову, що передається, на всьому шляху від мовця до слухача. Також потрібно визначити метод, який при зміні параметрів якості буде переоцінювати саме зміни, вносячи корективи у вже наявну оцінку.

Огляд існуючих методів розв'язку проблеми

На сьогодні визначено чотири класи якості обслуговування (з кінця в кінець) QoS. При цьому розглядаються як мережеві так і термінальні параметри та характеристики:

Вищий. До цього класу відносяться послуги телефонії з дуже гарною або вищою якістю, що надається абонентам мереж ТМЗК (Телефонна мережа загального користування). Використовуються широкосмугові кодеки (зі смугою більш 3.1 кГц) і IP мережі, спроектовані відповідно до норм і вимог QoS.

Високий. У цьому класі послуги надаються з якістю на рівні, властивому ТМЗК. Використовуються IP мережі, розроблені за рекомендаціями QoS з оптимізацією використання смуги пропускання.

Середній. Середній клас передбачає надання послуг на рівні загальноприйнятих стандартів для абонентів мобільних мереж телефонного зв'язку, таких як GSM, з використання кодеків Frame Relay. Використовуються IP мережі, розроблені відповідно до вимог QoS, в яких затримки і втрати пакетів не можуть піддаватися жорсткому контролю.

Доступний. Забезпечує рівень якості, прийнятний для використання, але без гарантування підтримання характеристик з'єднання. Характеризується значними періодами погіршення якості мовного зв'язку і значним збільшенням затримок, які знижують діалогову інтерактивність. Використовуються існуючі IP мережі, без відповідності рекомендаціям QoS.

Для терміналів визначені три режими роботи, які передбачають використання різних схем кодування і пакетизації: А, В і С. У таблиці представлені затримки на терміналі, необхідні для кодування, декодування і пакетизації, але не враховано операцію компенсації джиттера.

Таблиця 1

Режим роботи терміналу	Затримка	Схема пакетизації
А	до 50 мс	Використовуються мовні кадри малої тривалості. Мала кількість кадрів упаковується в пакет.
В	до 75 мс	Використовуються мовні кадри довшої тривалості. Мала кількість кадрів упаковується в пакет.
С	до 100 мс	Використовуються мовні кадри довшої тривалості. Велика кількість кадрів упаковується в пакет

Необхідно визначити переваги і недоліки вже існуючих методів в порівнянні, дослідити який з методів оцінки якості переданого голосу в своїх розрахунках враховує затримки, що вносяться мережею та терміналом.

Аналіз останніх досліджень

Для кожного з класів визначено вимоги класів якості QoS, що відносяться до тривалості затримок з кінця в кінець:

- 4 “Вищий” затримка до 10 мс;
- 3 “Високий” затримка до 100мс;
- 2 “Середній” затримка до 150 мс;
- 1 “Доступний” затримка до 400мс;

Час встановлення з’єднання (Call Set-up Time), визначається як час затримки після набору (Post Dial Delay). Базові вимоги до часу затримки після набору визначені Рекомендацією МСЕ-Т E.721:

- місцевий виклик < 3 мс;
- міжміський виклик < 5 мс;
- міжнародний виклик < 8 мс.

Існує три класи мереж, в яких враховується варіація затримки, втрати пакетів, але не враховується затримка поширення і затримка маршрутизації.

Таблиця 2

Клас	Втрати пакетів	Варіація затримки
I	0.5%	до 10 мс
II	1%	до 20 мс
III	2%	до 40 мс

Методи оцінки якості системи передачі звукового сигналу визначаються призначенням та специфікою цієї системи (мова, музика тощо). Спільною ознакою для цих систем є те, що всі вони в кінцевому результаті приходять до системи слухового сприйняття людини. При передачі по каналах зв’язку мова розглядається як випадковий процес, характеристики якого визначають параметри переданого сигналу (динамічний діапазон, смугу, відношення сигнал / шум). Всі ці параметри піддаються вимірюванню і можуть бути точно визначені. Однак, враховуючи, що мовний сигнал сприймається людиною, слід зазначити, що з точки зору людини мовний сигнал оцінюється суб’єктивно, підкоряючись законам психофізіології слуху.

Суб’єктивні методи оцінки якості

Суб’єктивні методи оцінки якості ґрунтуються на статистичній обробці суб’єктивних оцінок якості досить великого числа

слухачів-експертів. Ці оцінки істотно залежать від віку і статі диктора, швидкості проголошення фраз та інших обставин. Тести при отриманні суб'єктивних оцінок проводять з імітацією реальних умов, наприклад, сторонній шум, фонова мова інших людей і т.п. Кількісні результати цих тестів відображають середнє значення якості, рівень зусиль слухача, розбірливість, природність звучання.

Найбільш широко використовується методика суб'єктивної оцінки якості описана в Рекомендації МСЕ Р.800 і відома як методика MOS (Mean Opinion Score). Відповідно до неї якості мови, що визначається при проходженні сигналу від мовця (джерело) через систему зв'язку до слухача (приймач), оцінюється як арифметичне середнє від усіх оцінок, виставлених експертами після прослуховування тестового тракту передачі. Оцінки MOS наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Суб'єктивна оцінка якості звуку мови	Рівень сприйняття мовної інформації	Оцінка
Відмінно	Мова сприймається повністю та без зусиль	5
Добре	Мова сприймається вільно, без відчутних зусиль	4
Задовільно	Мова сприймається з помірними зусиллями, дефекти наявні	3
Погано	Мова сприймається увагою	2
Дуже погано	Мова не сприймається повністю або частково	1

Об'єктивні методи оцінки якості

В основу об'єктивного методу покладена так звана Е-модель, яка пов'язана з вимірюванням характеристик терміналів і мереж. Після створення Е-моделі було проведено велике число випробувань, в яких змінювався рівень спотворюючих факторів на мережу. Дані цих тестів були використані в Е-моделі для обчислення об'єктивних оцінок. Результатом обчислення відповідно до Е-моделі є число, зване R-фактором ("коефіцієнтом рейтингу").

Е-модель є багатокритеріальною оцінкою якості переданої мови в мережах IP і R-фактор та визначається діапазоном значень від 0 до 100, де 100 відповідає найвищому рівню якості. Але теоретичне значення R-фактора зменшується від 100 до 93.2, що відповідає оцінці MOS, рівної 4.4.

На практиці величина R-фактора змінюється від 0 до 93.2, що відповідає зміні оцінок MOS від 1 до 4.4. Значення R-фактора визначається наступною формулою:

$$R = R_o - I_s - I_d - I_e + A,$$

де: $R_o = 93.2$ – початкове значення R-фактора;

I_s – спотворення, що вносяться кодеками і шумами в каналі;

I_d – спотворення за рахунок сумарної наскрізної затримки (“з кінця в кінець”) в мережі;

I_e – спотворення, що вносяться обладнанням, включаючи і втрати пакетів;

A – так званий фактор переваги.

Психоакустичні методи

Психоакустичні методи оцінки якості враховують особливості людського сприйняття звуку в цілому і мовлення зокрема. Особливість даних методів в тому, що оцінюється тільки суб'єктивна якість сигналу за допомогою технічних і програмних засобів. Таким чином, вони більше відносяться до об'єктивних методів, але побудовані виходячи з особливостей суб'єктивного сприйняття звуку людиною.

Завдання будь-якого методу оцінки якості мовного сигналу в тому, щоб досягти високого ступеня кореляції з суб'єктивно-статистичними випробуваннями, які досі залишаються найбільш точною оцінкою якості мови.

Більшість методів засновані на порівнянні оригінального і кодованого сигналів за допомогою деякої психоакустичної моделі. Оцінюється ступінь помітності спотворень в кодованому сигналі для людини. Психоакустична модель це модель, яка перетворює звуковий сигнал в його внутрішнє подання з погляду слухового апарату людини, яке і порівнюється з внутрішнім поданням початкового сигналу.

Найбільш поширеною є оцінка PESQ, визначена в рекомендації MCE-T P.862. Вона являє собою об'єктивну методику визначення якості мовного зв'язку в телефонних системах, яка прогнозує результати суб'єктивної оцінки якості цього виду зв'язку слухачами-експертами. Для визначення якості передачі мови в PESQ передбачено порівняння вихідного, або еталонного, сигналу з його спотвореною версією на виході системи зв'язку.

Результатом порівняння вхідного і вихідного сигналів є оцінка якості зв'язку, яка аналогічна усередненій суб'єктивній оцінці MOS. Далі отримані результати оцінки PESQ калібруються з використанням величезної бази даних оцінок MOS.

Щоб порівняти вище описані методи, необхідно задатися параметрами, що впливають не тільки на рівень спотворення голосу і природність його звучання, а ще й на затримки мережі та терміналу. Тому для порівняння методів оцінки якості були обрані параметри, оцінюючи які, можна віднести надавані послуги передачі

мови, а також параметри мережі та терміналу до певного класу якості.

Основними якісними характеристиками були обрані:

- сумарна затримка передачі мовної інформації між абонентами;
- час встановлення з'єднання;
- ймовірність втрати пакетів;
- рівень спотворення голосу;
- відсутність або наявність луни;
- спотворення, що вносяться кодеками.

Основними кількісними характеристиками були обрані наступні параметри:

- загальна оцінка якості передачі;
- якість мови, що є більш прийнятною слухачем;
- затримка з кінця в кінець.

Методика MOS дає оцінку відсутності чи наявності відлуння, спотворення голосу, затримки з кінця в кінець, загальну оцінку якості мови як суб'єктивну оцінку експертів. Ця оцінка формується як арифметичне середнє, де основними оціночними параметрами є: розбірливість, природність звучання голосу і рівень зусиль слухача. Ця методика не основана на певній математичній моделі порівняння і як результат, не дає можливості виявити вплив якогось окремого фактора.

З цієї точки зору можна розглянути методи E-моделі і PESQ. E-модель дає характеристику практично всіх вибраних параметрів, крім оцінки якості мови безпосередньо слухачем. Цей метод оцінює спотворення терміналу і мережею окремо. У розрахунку R-фактора враховується 20 параметрів, де основними параметрами є:

- однонаправлена затримка;
- коефіцієнт втрати пакетів;
- втрати даних через переповнення буфера джиттера;
- спотворення, що вносяться при перетворенні аналогового сигналу в цифровий і наступному стисканні (обробка сигналу в кодеках);
- вплив відлуння;
- сумарна наскрізна затримка (з кінця в кінець);
- спотворення, що вносяться обладнанням.

Оцінка PESQ враховує наступні фактори:

- спотворення сигналу при кодуванні;
- помилки при передачі;
- час затримки передачі пакетів і флуктуацію цього часу;
- фільтрацію сигналів в аналогових мережевих компонентах.

Але при цьому в її оцінку не входять деякі фактори, що залежать від параметрів мережі і сприйняття мовлення:

- зміна рівня сигналу мережі;
- наявність відлуння сигналу;
- кругова затримка.

З цього випливає, що оцінка PESQ схожа на E-модель, але дає оцінку меншій кількості факторів мережі.

Таблиця 4

Фактори	MOS	E-модель	PESQ
Сумарна затримка передачі мовної інформації між абонентами	-	+	+
Час встановлення з'єднання	-	+	-
Ймовірність втрати пакетів	-	+	+
Рівень спотворення голосу	+	+	+
Відсутність або наявність луни	+	+	-
Спотворення, що вносяться кодеками	-	+	+
Загальна оцінка якості передачі	+	+	+
Якість мови, сприймається слухачем	+	-	-
Затримка з кінця в кінець	-	+	-

Висновки

Методика оцінки MOS дає однозначну оцінку якості, але при цьому є неможливим виявлення конкретних параметрів, які не відповідають характеристикам класів мереж. Так само при зміні параметрів мереж, терміналів, кодування виникає необхідність повторного набору групи експертів, що є трудомістким процесом. Методи оцінки за допомогою E-моделі і PESQ більш точно пов'язують якість переданої мови з класами надаваних послуг та мереж, вказують на конкретні параметри, які можуть бути вдосконалені. Їх оцінка залежить від використаного кодека, тому при зміні кодків оцінку якості необхідно повторити. З точки зору параметрів, що використовуються, E-модель є більш точним методом оцінки якості переданої мови.

Список використаних джерел

1. *Сергієнко В.С.* Стиснення даних, мови, звуку і зображень в телекомунікаційних системах / Сергієнко В.С., Барінов В.В., "РадіоСофт", – 2009.
2. МСЕ-Т Р800
3. *Росляков А.В.* IP-телефонія / Росляков А.В., Самсонов М.Ю., Шибасєва І.В., Из-во "Еко-трендз", 2001 г.

Отримано 12.10.2015 р.